

PRODUCT & RESOURCE DRIVEN CONTROL OF ALLOCATION AND ROUTING PROCESSES IN FMS



**DAMIEN TRENTESAUX
THIERRY BERGER
YVES SALLEZ**

LAMIH-CNRS

PRENOM.NOM@UNIV-VALENCIENNES.FR



PLAN



- Contexte
 - Hypothèses globales
 - Etat de l'art, problématique et objectifs
- Proposition
 - Concept d'hétérarchie
 - Structures de pilotage des processus et algorithmes
 - Pilotage du processus de routage
- Simulation et résultats (routage)
- Implémentation sur site
- Conclusion et perspectives

CONTEXTE: HYPOTHESES



- Hypothèses globales
 - Structure du système à piloter
 - ✦ FMS (gamme opératoire, flexibilité)
 - ✦ Topologie ~ graphe fortement connexe
 - Nœud n_i : ressource / disjonction dans le transport
 - Arc: trajet transport entre n_s et n_d , à capacité finie, de durée $t_{ns}(n_d)$
 - Informations et décisions
 - ✦ Produits et ressources = entités actives (AR n_i & AP x_j)
 - Processus décisionnel : déclenchement...décision...application
 - Système de pilotage
 - ✦ Inputs : ordres de fabrication planifiées non ordonnancées (ERP)
 - ✦ Listes de processus TR : allocation, routage, gestion des stocks, outils...
 - ✦ Structure : non purement hiérarchique
 - ✦ Outputs : indicateurs de performances

CONTEXTE

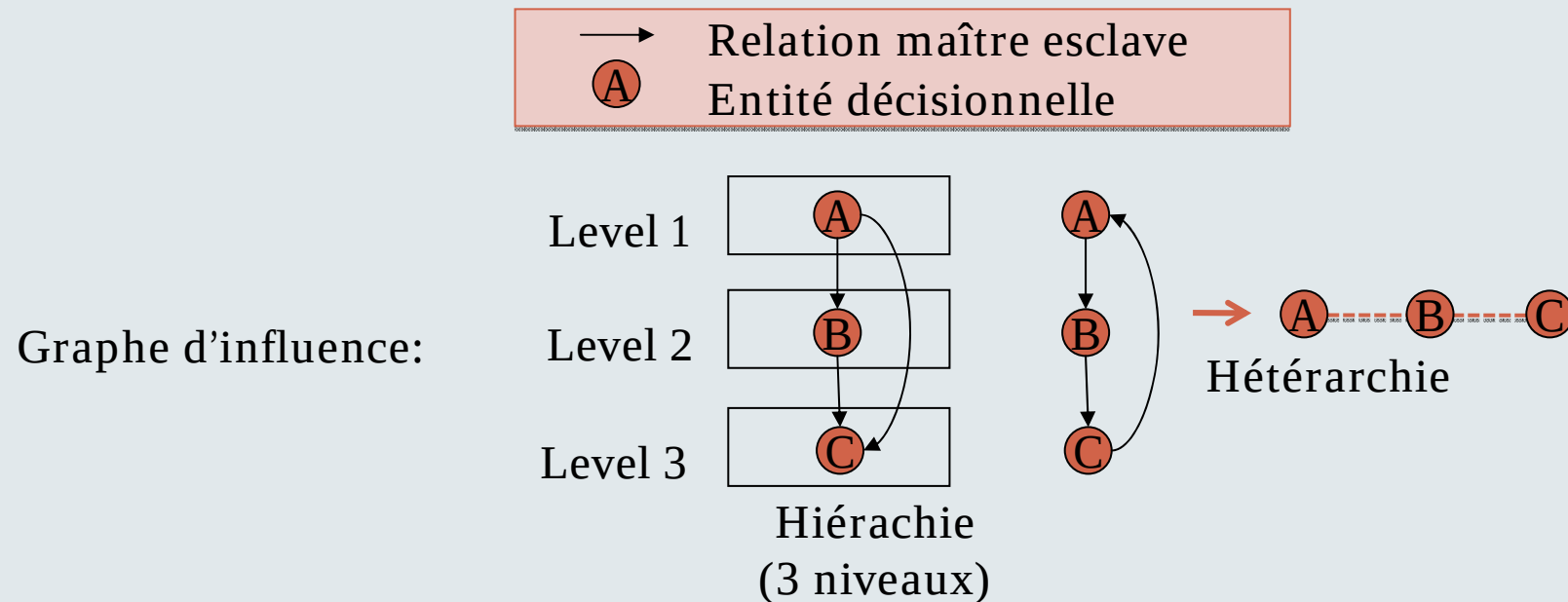


- Etat de l'art
 - Processus d'allocation dynamique de tâches
 - ✦ Aissani et al. (2008), Bousbia et al. (2005), Cavalieri et al.(2000), Lastra and Colombo (2006), Maione and Naso (2003), Tharumarajah (2001), Wong et al.(2006), Duffie et Prabhu (1996), Baker (1998)...
 - Quid autres processus (routage, gestion outillage, stocks...) ?
- Objectifs
 - Pilotage semi-hétérarchique d'un FMS (AIP-PRIMECA)
 - Intégration processus DRP (routage) + DAP (allocation)

PROPOSITION



- Formalisation du concept d'hétérarchie (1/2)

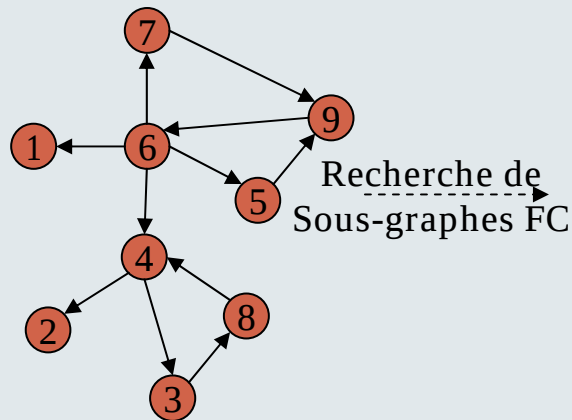


Hétérarchie = Sous-graphe d'influence fortement connexe (FC)

PROPOSITION

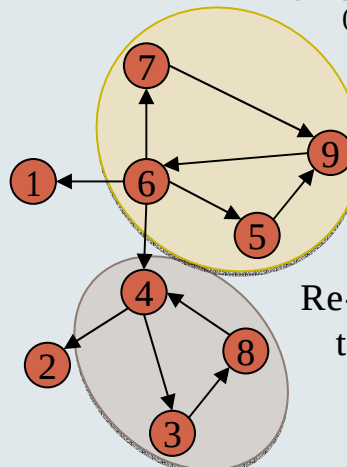
• Formalisation du concept d'hétérarchie (2/2)

Graphe d'influence



- Relation hétérarchique
- Relations maître-esclave
- 3 Entité décisionnelle

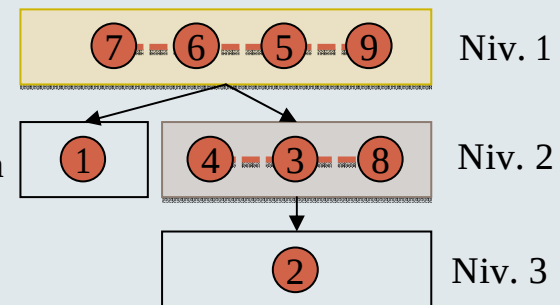
Sous-graphe FC #1
(Tarjan, 1972)



Sous-graphe FC #2

Re-organisation
topologique

Hétérarchie au sein d'un niveau



Hiérarchie entre niveaux

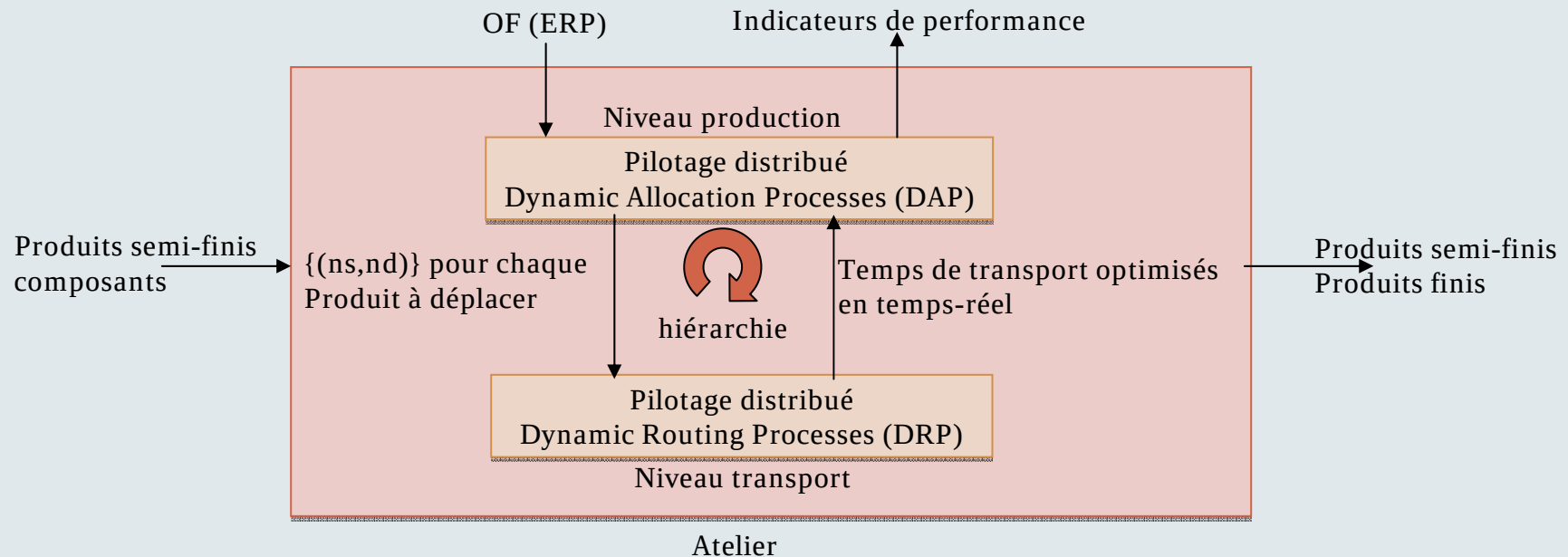
Graphe réduit : Semi-hétérarchie
(hétérarchie au sens large)

*Hiérarchie et hétérarchie sont relatives aux structures
(rem : distribution et décentralisation sont relatives aux fonctions)*

PROPOSITION

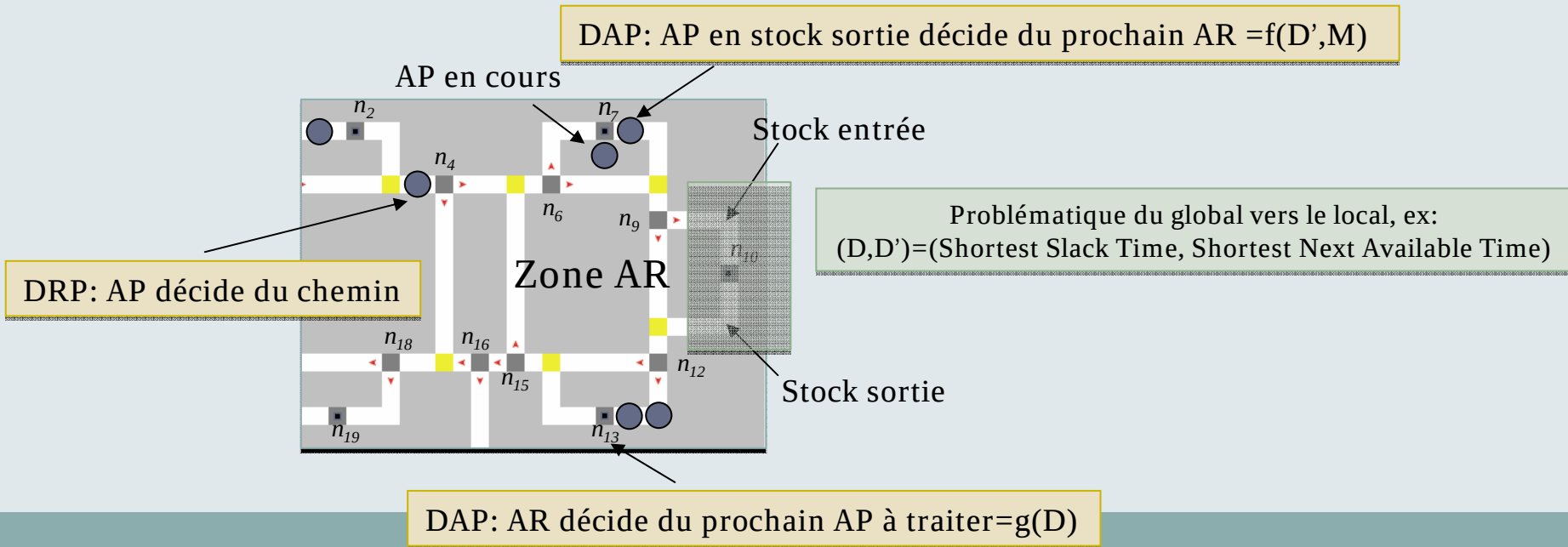
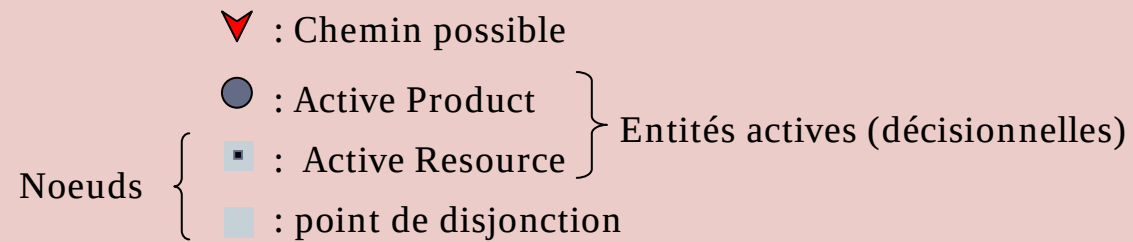


- Structure de pilotage des processus
 - Deux niveaux hétérarchiques, couplés hiérarchiquement:
 - ✦ fonctions de pilotage DAP (N1) et DRP (N2) distribué : AR/AP
 - ✦ Allocation prioritaire sur le routage



PROPOSITION

• Les décisions



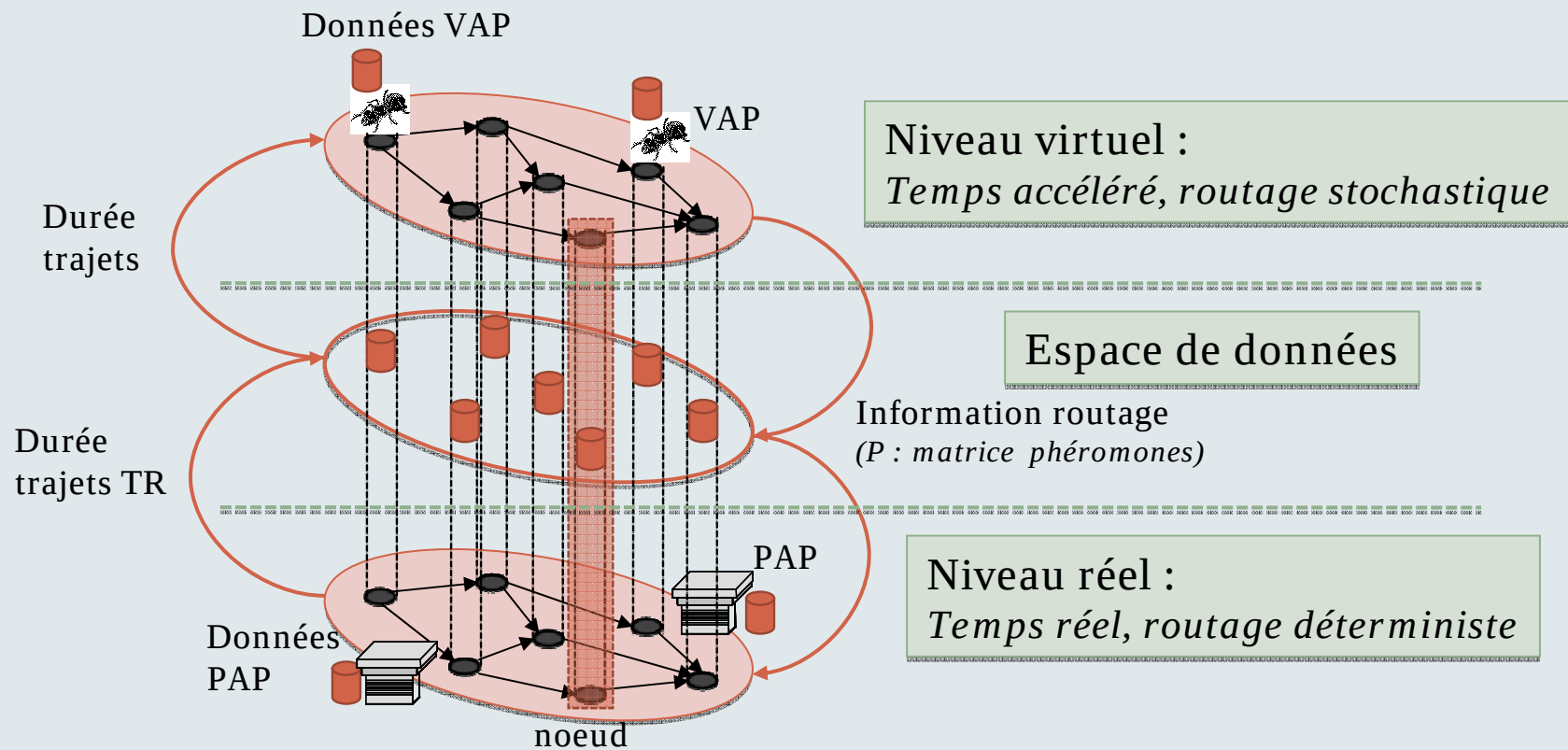
PROPOSITION



- **Pilotage niveau DRP**
 - **Approche proposée**
 - ✦ Stigmergie : copier le fonctionnement des colonies de fourmis
 - **Avantages**
 - ✦ adaptation naturelle aux événements et évolution environnement
 - ✦ peu d'hypothèses restrictives (par ex., capacité limitée possible...)
 - **Problématique**
 - ✦ Nombre élevé d'essais requis avant optimalité
 - **Proposition**
 - ✦ Couplage réel/virtuel pour accélérer la convergence
 - Niveau réel : les (Physical) P-AP suivent en TR les phéromones (déterministe)
 - Niveau virtuel : des (virtual) V-AP évoluent « stochastiquement » pour identifier, en temps accéléré les trajets optimaux
 - « Data space » : espace de données partagé entre les deux niveaux

PROPOSITION

- Architecture de pilotage DRP



PROPOSITION

- Fonctionnement du niveau réel

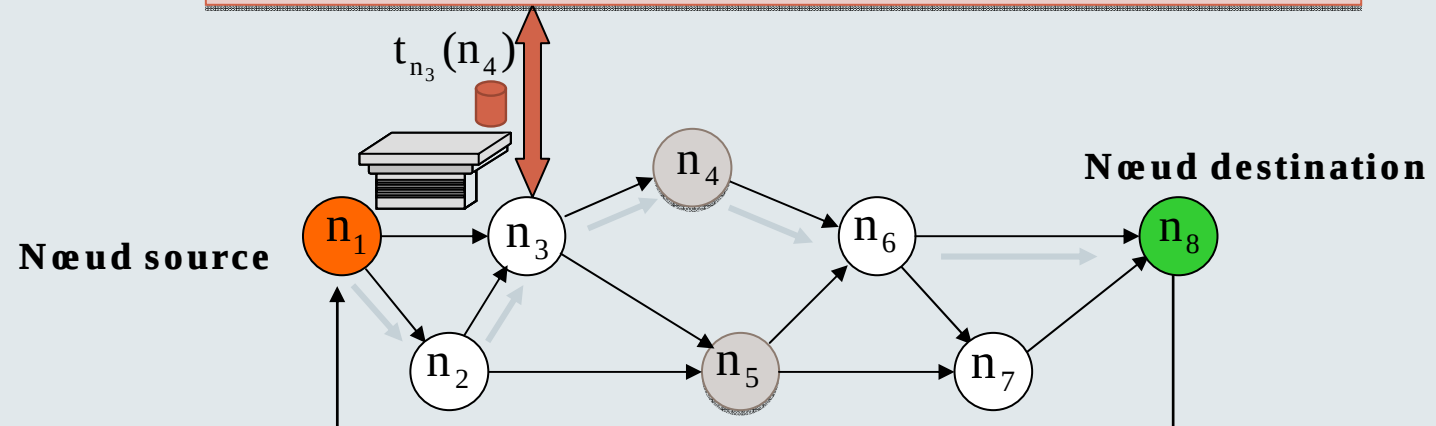
$$P_{n_i}(v_{n_i}^w, n_j)$$

P_{n_3}

	n_1	n_2	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8
$v_{n_3}^1 = n_4$							0.95
$v_{n_3}^2 = n_5$							0.05

$t_{n_3}^*$	n_4	n_5
$t_{n_3}^*(v_{n_3}^1)$		
$t_{n_3}^*(v_{n_3}^2)$		

Sur le nœud n_3 dans l'espace de données



PROPOSITION



- Fonctionnement du niveau virtuel

- Ce niveau est activé si : $\left| t_{nc}(nn) - t_{nc}^*(nn) \right| > \varepsilon$

Chaque VAP choisi le nœud voisin selon la probabilité :

$$\text{Prob}(nn = v_{nc}^a) = \max(P_{nc}(v_{nc}^a, n_j), \alpha)$$

Le chemin pris et les dates d'arrivées sont mémorisés :

$$h_{vap}(n_i, n_j) = ([n_i, n_k, n_m, \dots, n_u, n_j], [d_i, d_k, d_m, \dots, d_u, d_j])$$

Jusqu'à destination.

Meilleur chemin trouvé ? Les phéromones sont renforcées :

$$P_{nc}(n_n, n_d) = P_{nc}(n_n, n_d) + r(1 - P_{nc}(n_n, n_d)), n_n \in V_{nc}$$

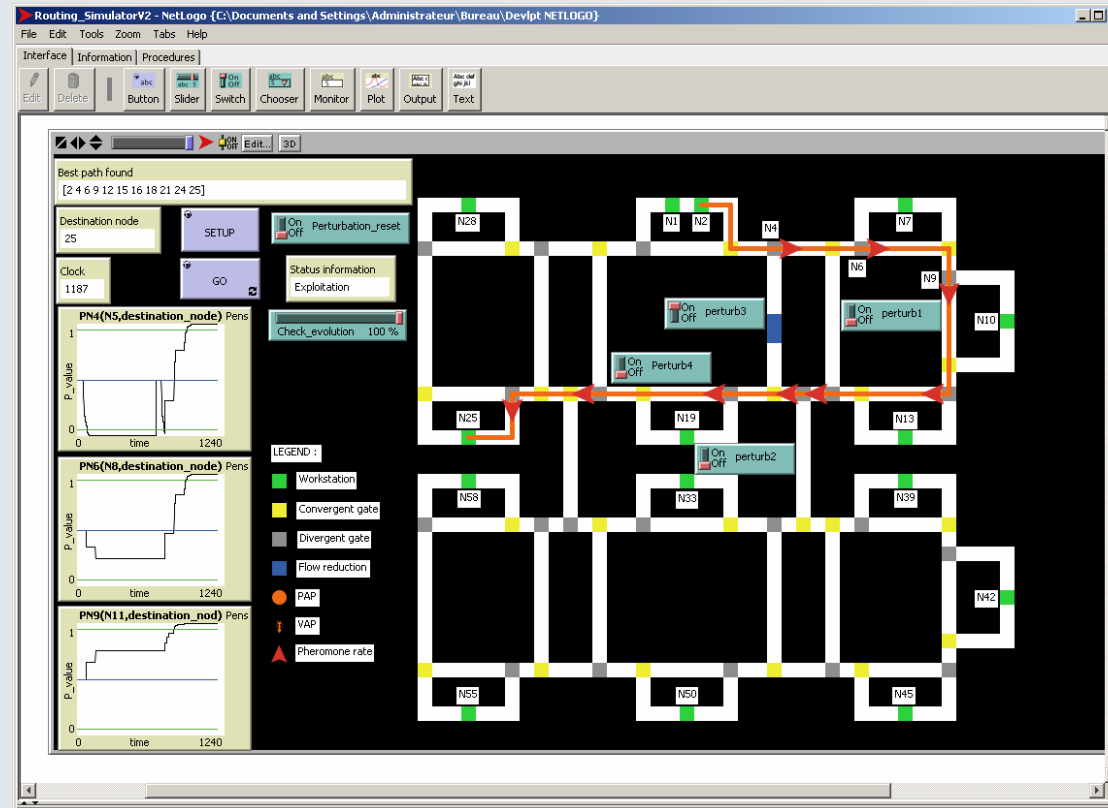
Pour les autres voisins qui ne sont pas sur ce chemin :

$$P_{nc}(n_o, n_d) = P_{nc}(n_o, n_d) - rP_{nc}(n_o, n_d), n_o \in V_{nc}, n_o \neq n_n$$

Jusqu'à stabilisation.

PROTOTYPE DE SIMULATION

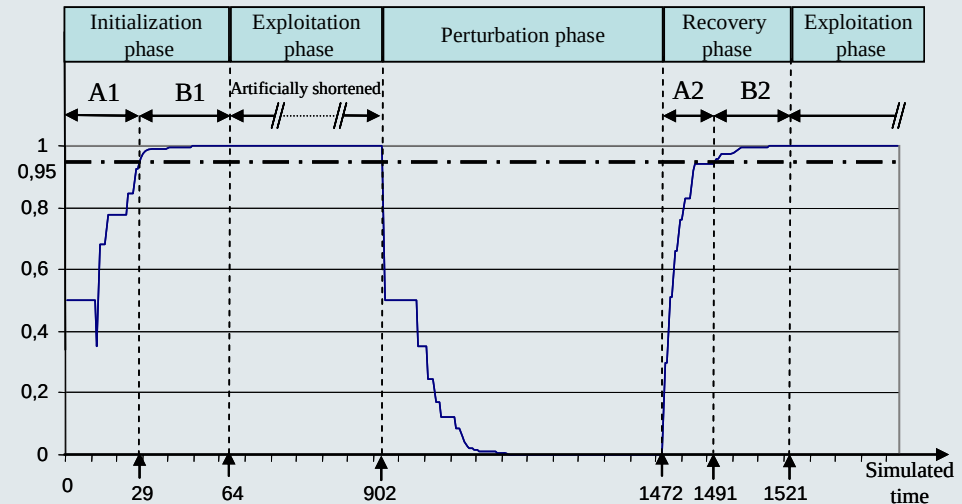
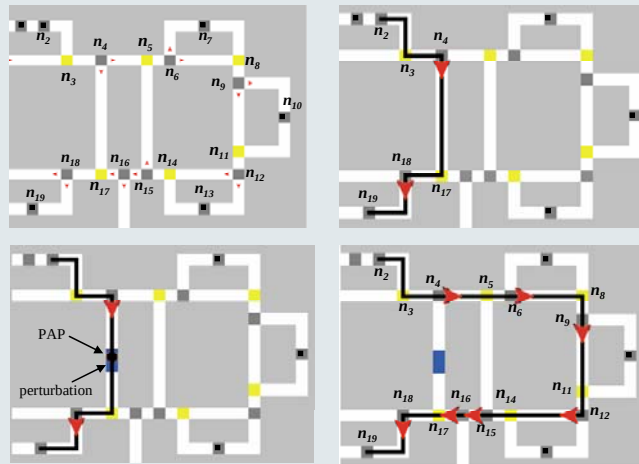
- Outil de simulation : NetLogo



<http://www.univ-valenciennes.fr/sp/routing/>

RESULTATS SIMULATION

- Scenarii #1, #2, #3
- Prise en compte de perturbations

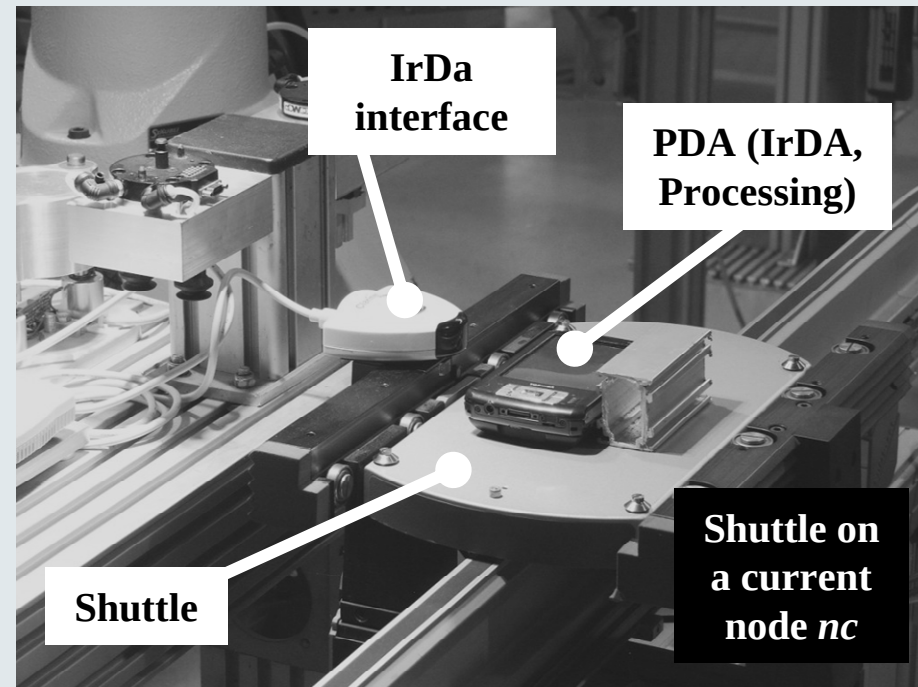
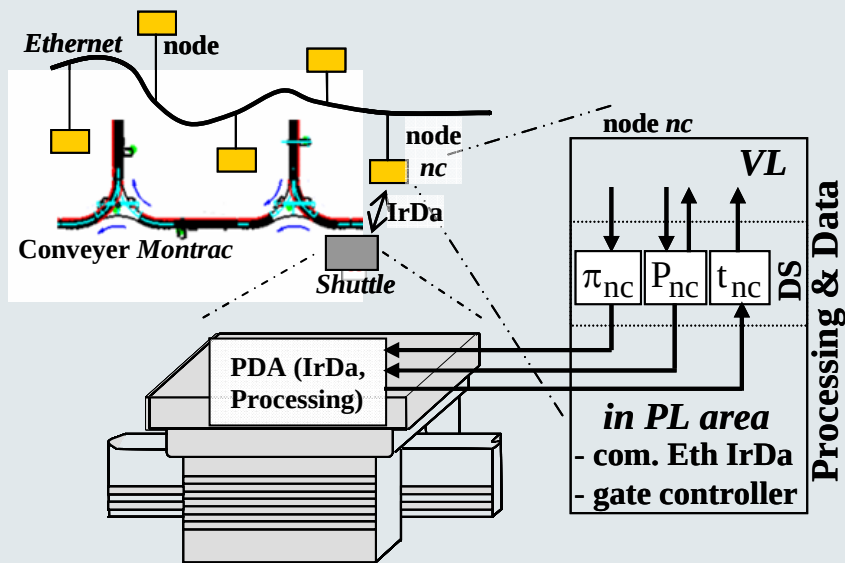


- Optimalité en fonctionnement statique
- 99,75% des chemins trouvés sont optimaux (Dijkstra)

IMPLEMENTATION SUR SITE

• Instrumentation

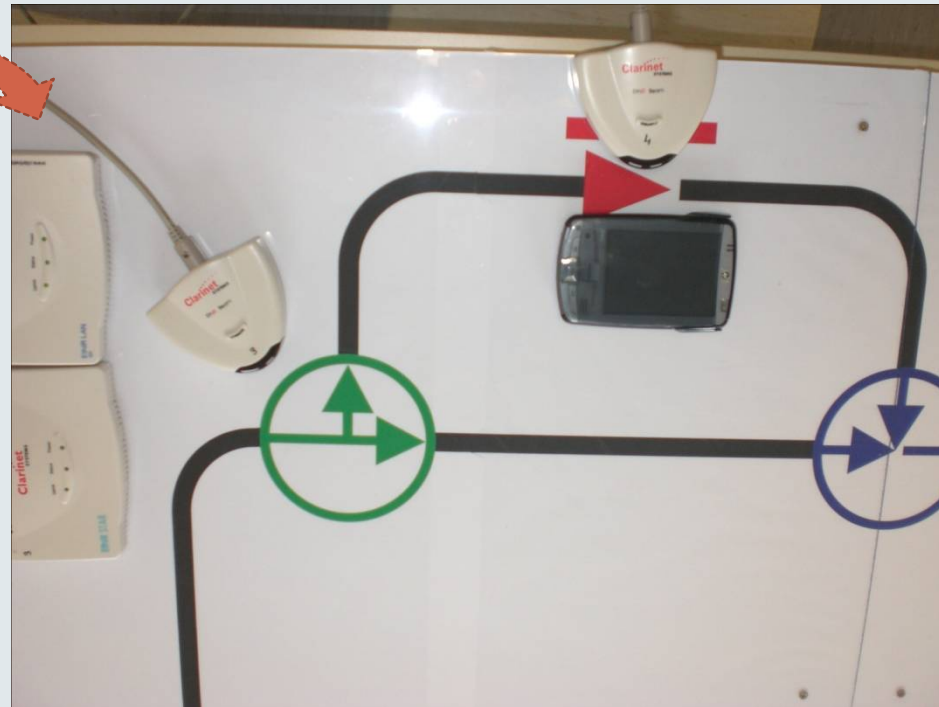
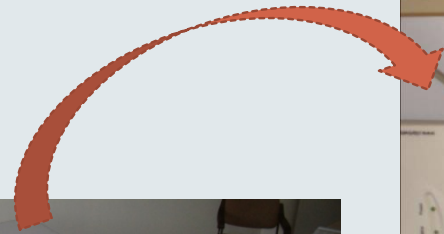
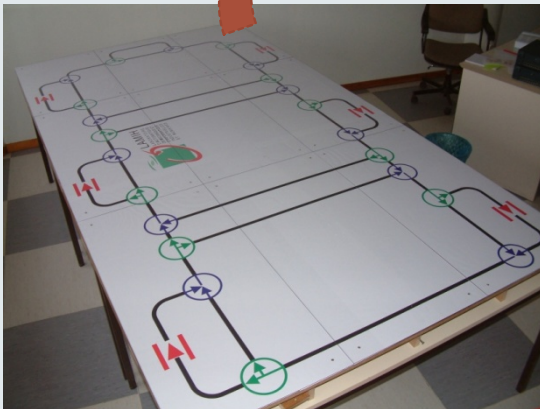
- ✦ Automates Wago, Convoyeur montrac, Liaisons ethernet pour la communication nœud/nœud, Infrarouge pour nœud/shuttle (clarinet esb-101).



METHODE DEPLOIEMENT

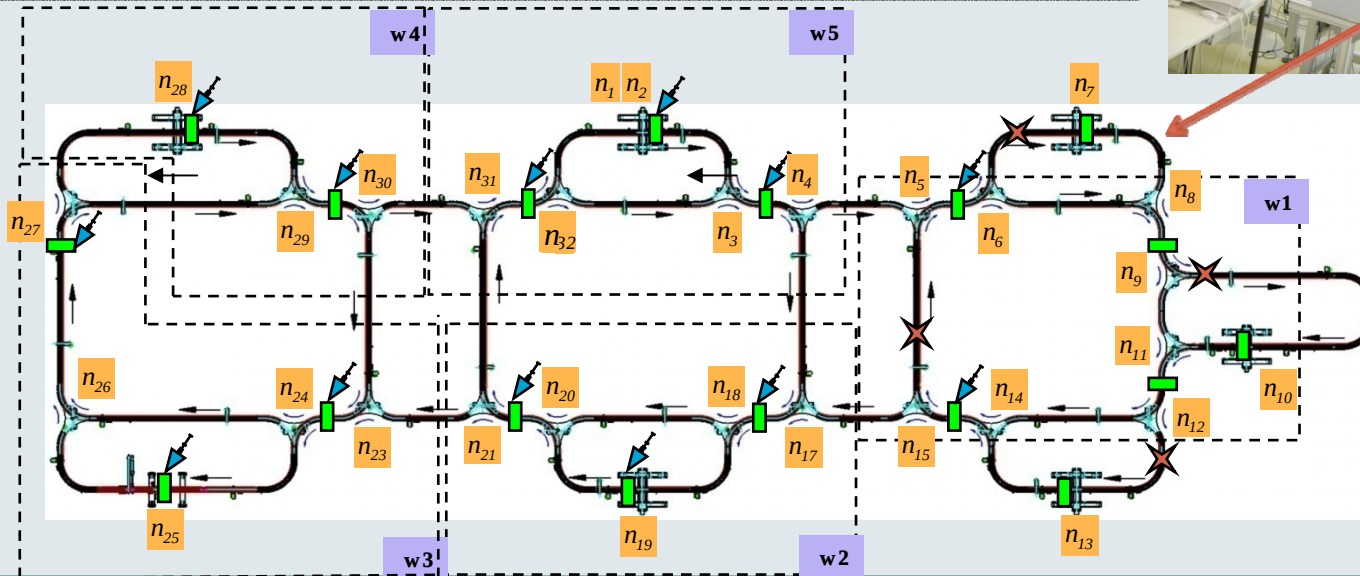
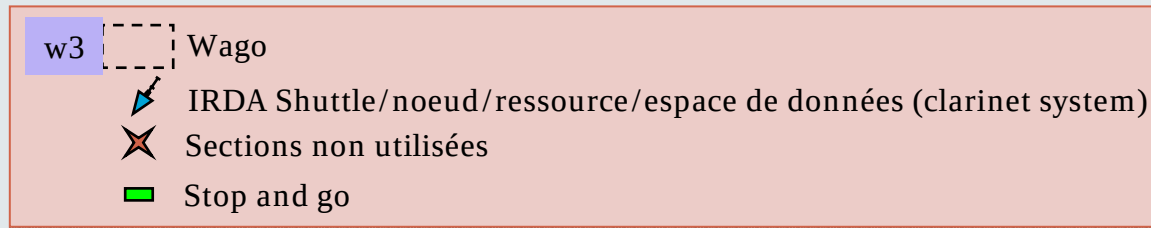


- Phase 1 : développements théoriques
- Phase 2 : déploiement sur modèle intermédiaire



METHODE DEPLOIEMENT

- Phase 3 : déploiement sur site réel



CONCLUSION ET PERSPECTIVES



- **Pilotage du processus routage (DRP)**
 - Basé sur la stigmergie, comportement optimal et réactif
 - Priorité de l'allocation sur le routage
 - Hypothèses restrictives usuelles non nécessaires
- **Perspectives**
 - Poursuivre le déploiement et l'intégration
 - Comparer avec d'autres approches (SMA, holon)
 - Appliquer à d'autres contextes (PRT)

PRODUCT & RESOURCE DRIVEN CONTROL OF ALLOCATION AND ROUTING PROCESSES IN FMS



MERCI POUR VOTRE ATTENTION